

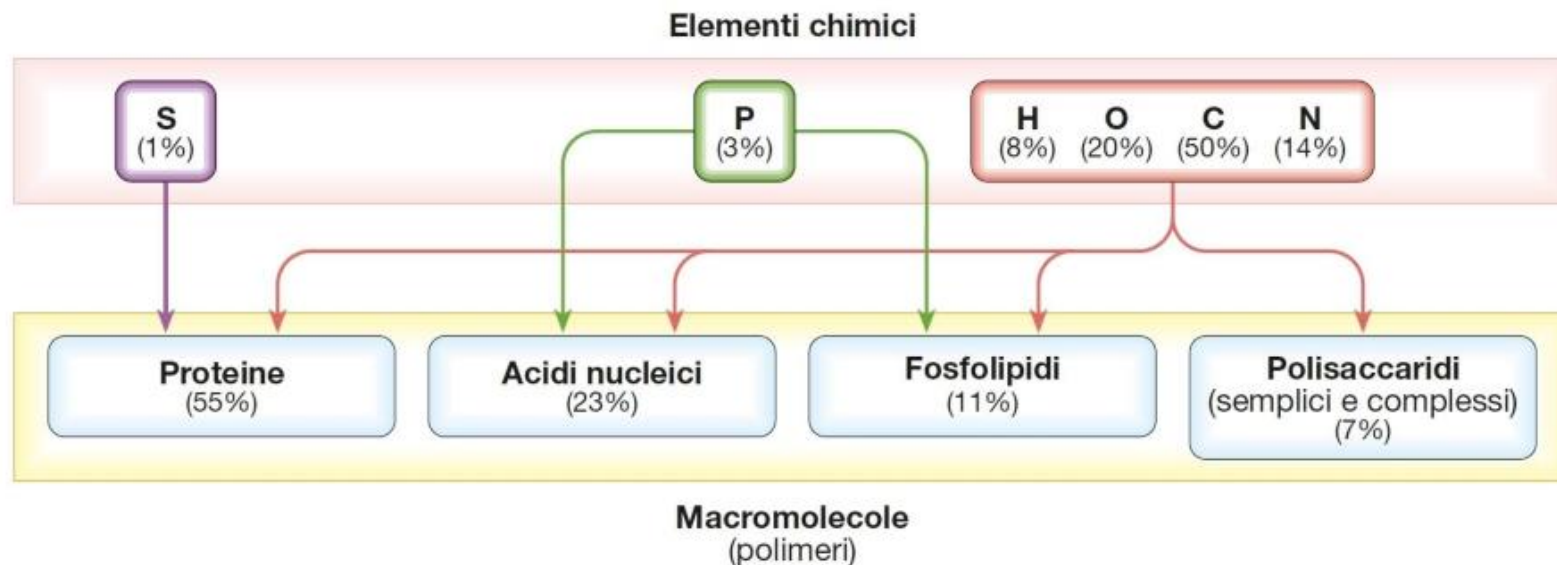
MOLECOLE BIOLOGICHE

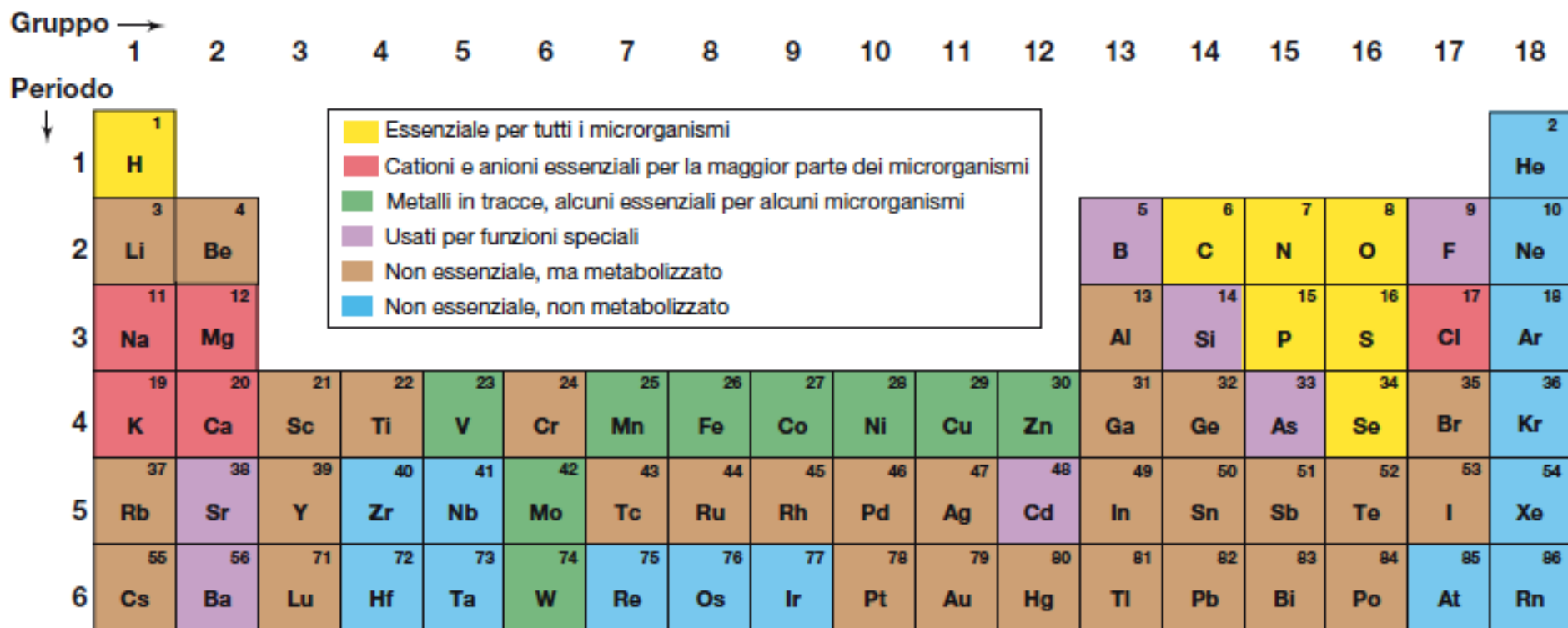
Le molecole biologiche possono essere suddivise in 4 gruppi fondamentali:

- **Carboidrati** (glucidi, zuccheri)
- **Lipidi**
- **Proteine**
- **Acidi nucleici**

Gruppo a struttura chimica eterogenea

- **Vitamine**





(a)

Elementi essenziali come percentuale del peso cellulare secco

C	50%	P	2,5%
O	17%	S	1,8%
N	13%	Se	<0,01%
H	8,2%		

(b)

Composizione macromolecolare di una cellula

Macromolecola	Percentuale del peso secco
Proteine	55
Lipidi	9,1
Polisaccaridi	5,0
Lipopolisaccaridi	3,4
DNA	3,1
RNA	20,5

(c)

Figura 4.1 Composizione elementare e macromolecolare di una cellula batterica. (a) La tavola periodica degli elementi rivista in funzione delle necessità microbiche. Con l'eccezione dell'uranio, che può essere metabolizzato

da alcuni procarioti, non è noto che siano metabolizzati gli elementi del periodo 7 e oltre nella tavola periodica completa degli elementi. (b) Contributo relativo degli elementi essenziali al peso cellulare secco. (c) Abbondanza relativa delle

macromolecole in una cellula batterica. Dati in (b) da *Aquat. Microb. Ecol.* 10: 15-27 (1996) e in (c) da *Escherichia coli and Salmonella typhimurium: Cellular and Molecular Biology*. ASM, Washington, DC (1996).

Le cellule viventi sono formate da **molecole organiche**, di diversa complessità e dimensione, derivanti dalla combinazione di 4 elementi

- Carbonio (C),
- Idrogeno (H)
- Ossigeno (O)
- Azoto (N)

A questi elementi si aggiungono, meno frequentemente

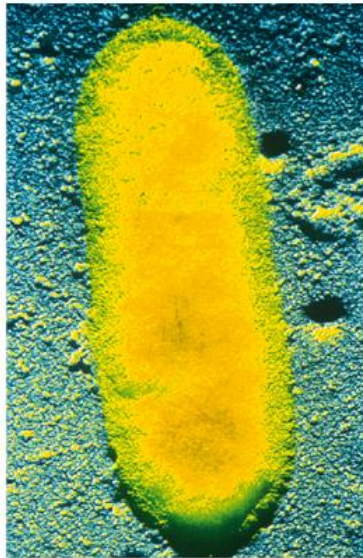
- Fosforo (P)
- Zolfo (S)



Le pareti cellulari delle cellule del cactus contengono cellulosa.



La corazza del granchio contiene chitina.



Le pareti cellulari dei batteri contengono peptidoglicano.

CARBONIO (C)

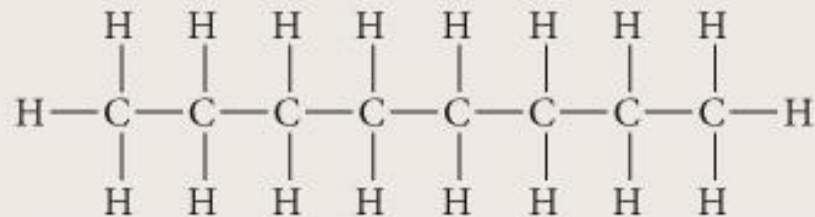
elemento di base delle molecole biologiche (biomolecole)

← Una cellula batterica può contenere fino a 5000 tipi diversi di composti organici.

Il **carbonio** è l'elemento principale delle macromolecole.

Per raggiungere la stabilità, il **carbonio** deve acquisire quattro elettroni.

Ciascun atomo di carbonio può formare
legami con altri 4 atomi.



L'ottano, una molecola contenuta nella benzina

Il **legame carbonio-carbonio** è di **tipo covalente** (legame forte), consente, quindi, la formazione di catene di carbonio anche molto lunghe e resistenti.

Gli organismi viventi sono costituiti da una grande varietà di biomolecole

Gruppi funzionali		
Gruppo	Struttura	Composti
Ossidrilico	$R-OH$	Alcol Presente negli zuccheri e in alcuni amminoacidi
Carbonilico	$R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix}$	Aldeide Presente negli zuccheri
	$R-C \begin{matrix} \uparrow O \\ \downarrow R \end{matrix}$	Chetone Presente negli zuccheri
Carbossilico	$R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	Acido carbossilico Presente negli acidi grassi e negli amminoacidi
Amminico	$R-N \begin{matrix} \nearrow H \\ \searrow H \end{matrix}$	Ammina Presente negli amminoacidi
Solfidrilico	$R-SH$	Tioli Forma legami disolfuro; presente in alcuni amminoacidi
Fosfato	$R-O-P \begin{matrix} \uparrow O \\ \downarrow OH \end{matrix}$	Fosfato organico Presente nei nucleotidi e nei fosfolipidi

Le diverse biomolecole sono caratterizzate da particolari **gruppi funzionali** (combinazioni specifiche di atomi) che conferiscono proprietà chimiche caratteristiche.

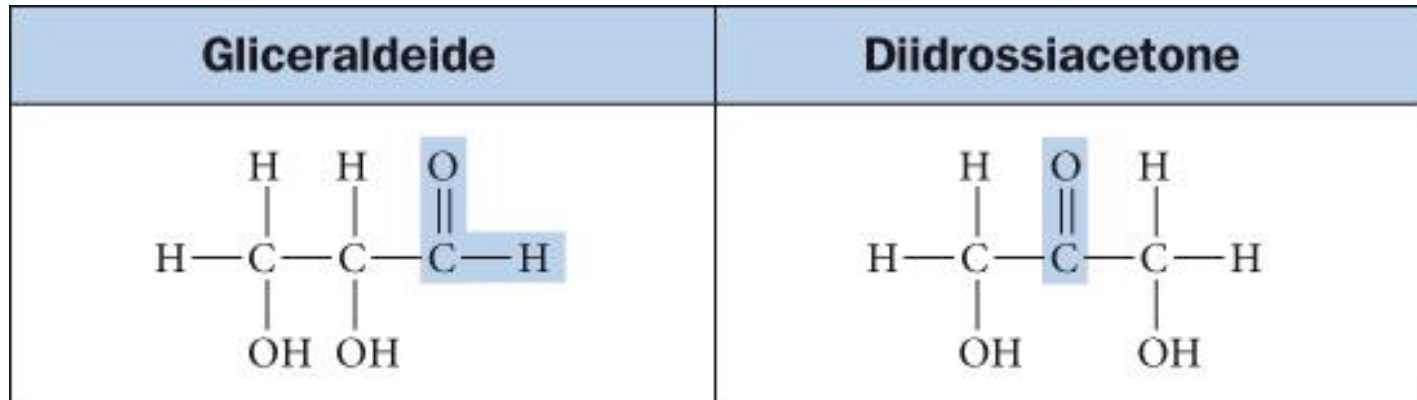


I gruppi funzionali, pertanto, influenzano le proprietà biologiche delle biomolecole nella cellula.

ISOMERI

Le molecole organiche che hanno **identica formula bruta** o **molecolare** (formate dallo stesso tipo e numero di atomi), ma che differiscono per il modo in cui i loro atomi (o **gruppi funzionali**) sono disposti sono dette **isomeri**.

Nelle reazioni chimiche gli isomeri, pur avendo uguale formula bruta (o molecolare), si comportano in modo diverso.

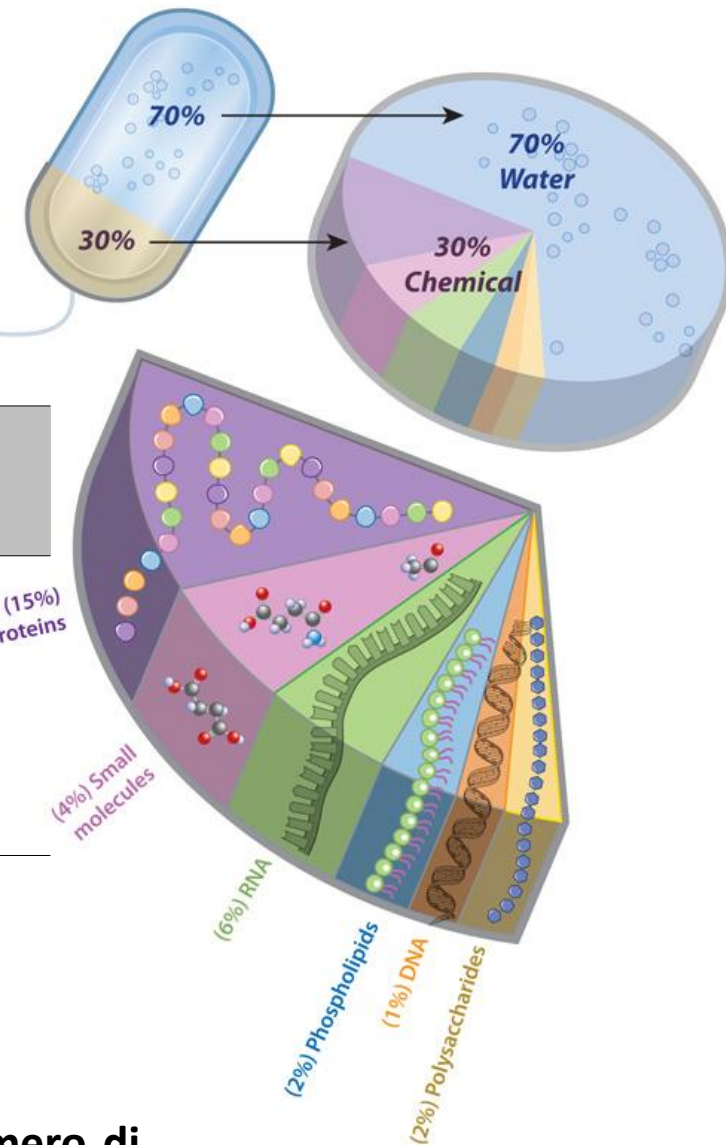


Formula molecolare? → $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

MACROMOLECOLE

I **carboidrati**, i **lipidi**, le **proteine** e gli **acidi nucleici** sono delle molecole di grosse dimensioni (**polimeri**) formate da subunità molecolari unite tra loro.



Macromolecole		
Categoria	Esempio	Monomero/i
Carboidrati*	Polisaccaride (amido)	Monosaccaride (glucosio)
Lipidi	Grasso (olio)	Glicerolo e acidi grassi
Proteine*	Polipeptide (albumina)	Amminoacido
Acidi nucleici*	DNA, RNA	Nucleotide

*Le macromolecole più grosse sono dei **polimeri**

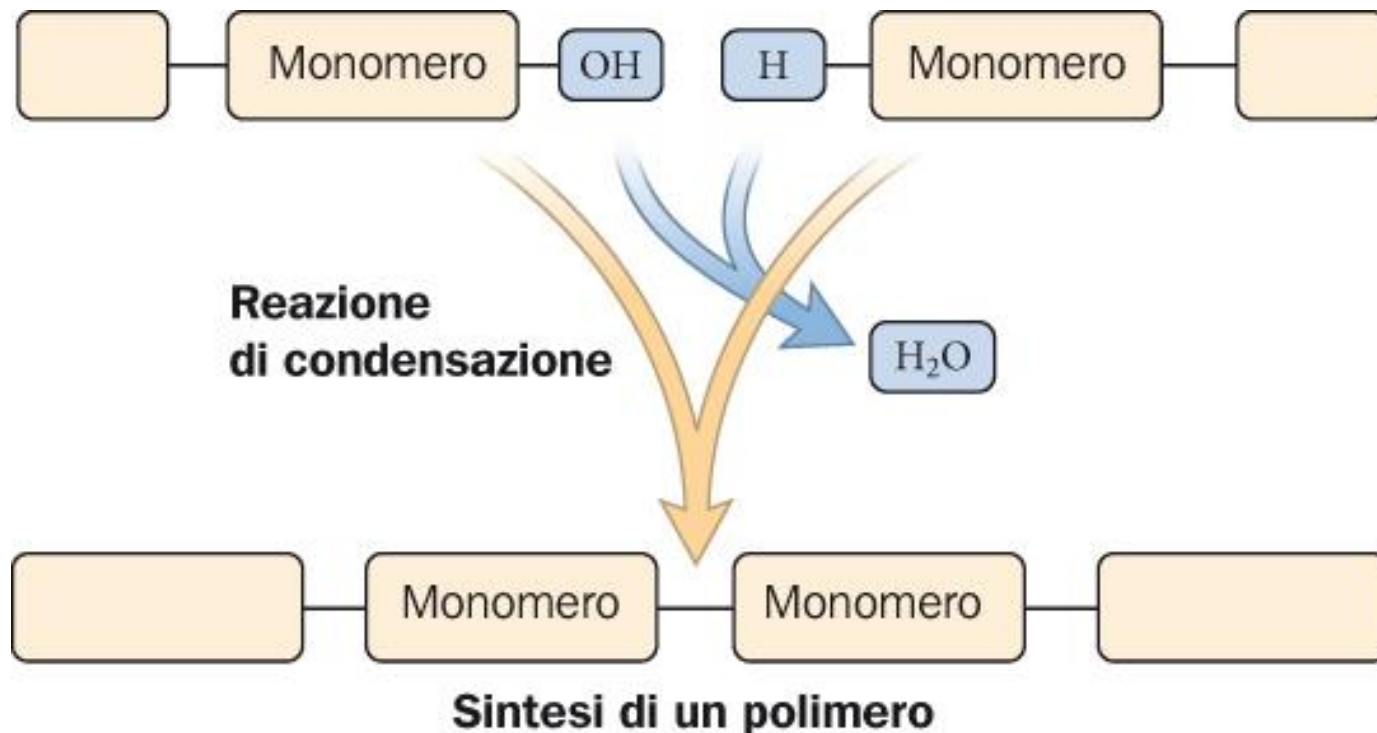
Molecole costituiti da un gran numero di **subunità dello stesso tipo** (monomeri), legate di solito con legami covalenti.

POLIMERI

Per svolgere le proprie funzioni e per moltiplicarsi, la cellula deve essere in grado di sintetizzare macromolecole (polimeri).

La cellula effettua la **sintesi** di un polimero attraverso una **reazione di condensazione**, associata alla liberazione di una molecola d'acqua.

La reazione avviene grazie all'intervento degli **enzimi**, che mettono a contatto diretto i monomeri.

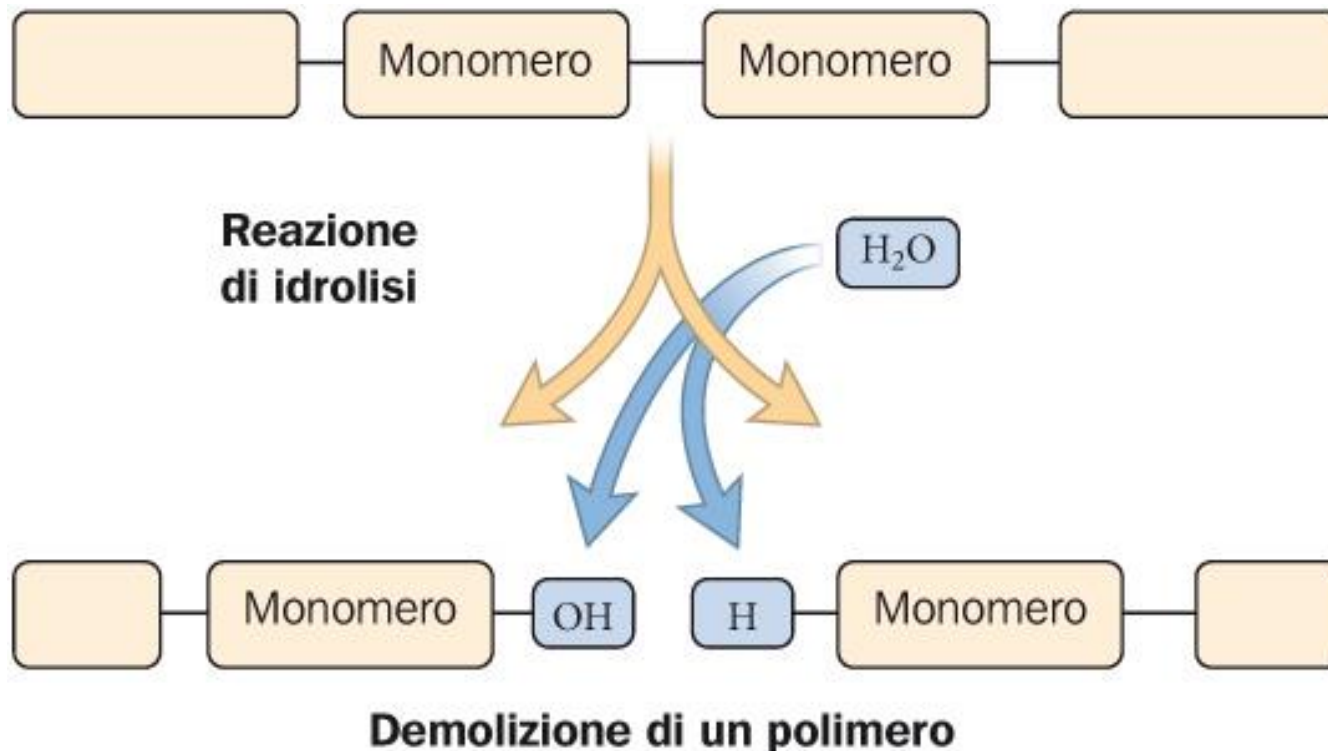


POLIMERI

Per svolgere le proprie funzioni e per moltiplicarsi, la cellula, oltre che sintetizzare molti polimeri, deve essere in grado di demolirne altri da cui ricavare **energia** e **carbonio**.

La reazione di **demolizione di un polimero** segue un processo inverso alla condensazione (**idrolisi**: spezzare con l'acqua).

Durante questo processo, una molecola d'acqua viene usata per rompere i legami tra i due monomeri.



CARBOIDRATI

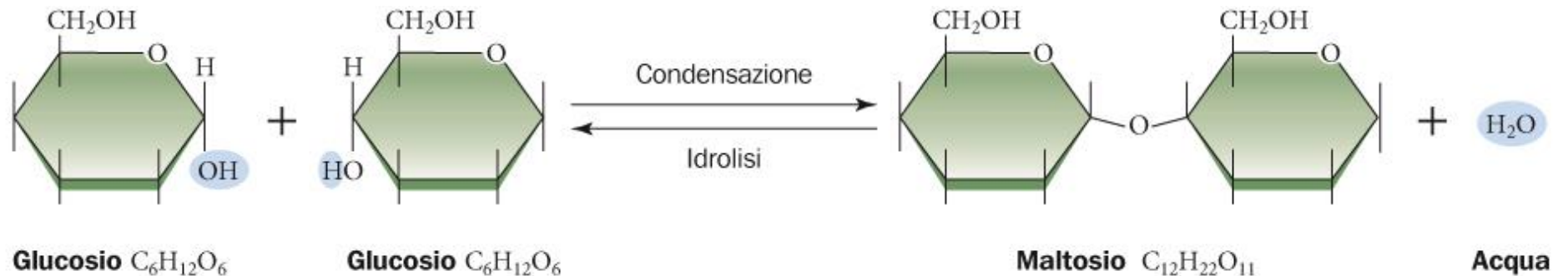
I carboidrati sono usati dagli organismi come

- fonti di energia immediata
- componenti strutturali.

I carboidrati sono formati da carbonio (C), idrogeno (H) e ossigeno (O), con un rapporto di 1 : 2 : 1.

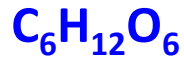
I carboidrati semplici (zuccheri), possono essere:

- monosaccaridi (una singola molecola di zucchero);
- disaccaridi (due monosaccaridi).



Monosaccaride + Monosaccaride \rightleftharpoons Disaccaride + Acqua

I **carboidrati** sono
 composti organici
 contenenti **carbonio**,
idrogeno ed ossigeno
 (1:2:1) → (CH₂O)



Zucchero	Catena aperta	Anello	Rilevanza
Pentosi Ribosio	$ \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}^1=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}^2-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}^3-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}^4-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH}^5 \end{array} $		Scheletro dell'RNA
Deossiribosio	$ \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}^1=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}^2-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}^3-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}^4-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH}^5 \end{array} $		Scheletro del DNA
Esosi Glucosio	$ \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}^1=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}^2-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}^3-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}^4-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}^5-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH}^6 \end{array} $		Fonte energetica; pareti cellulari
Fruttosio	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH}^1 \\ \\ \text{C}^2=\text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}^3-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}^4-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}^5-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH}^6 \end{array} $		Fonte energetica; zucchero della frutta

MONOSACCARIDI

I carboidrati semplici forniscono **energia a pronto rilascio**.

Il **glucosio** è un monosaccaride ed è la principale fonte di energia dei viventi;

la sua formula molecolare è $C_6H_{12}O_6$.

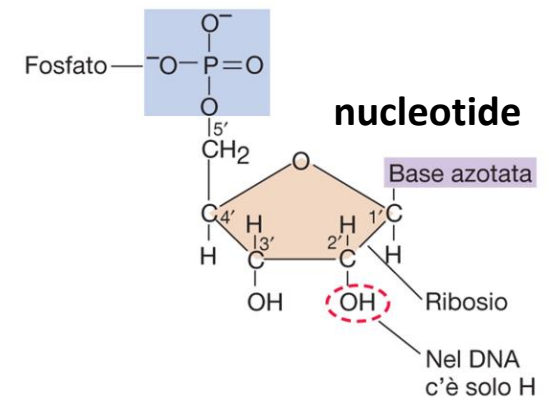
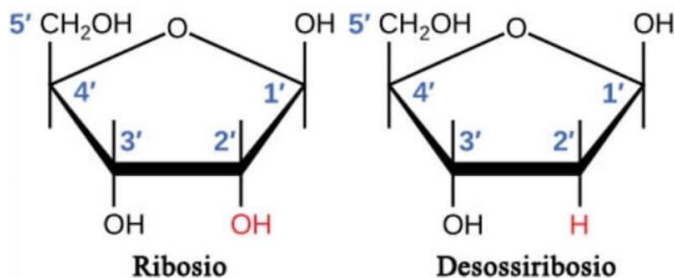


Il glucosio fornisce energia a pronto uso

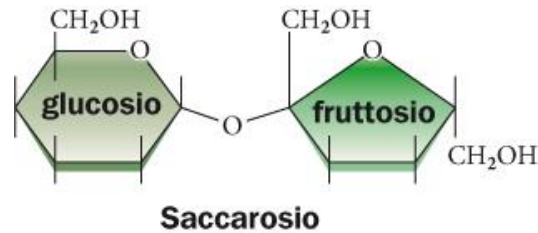


Il **ribosio** ($C_5H_{10}O_5$) e il **desossiribosio** ($C_5H_{10}O_4$) sono monosaccaridi.

Sono costituenti degli acidi nucleici **RNA** e **DNA**.



DISACCARIDI

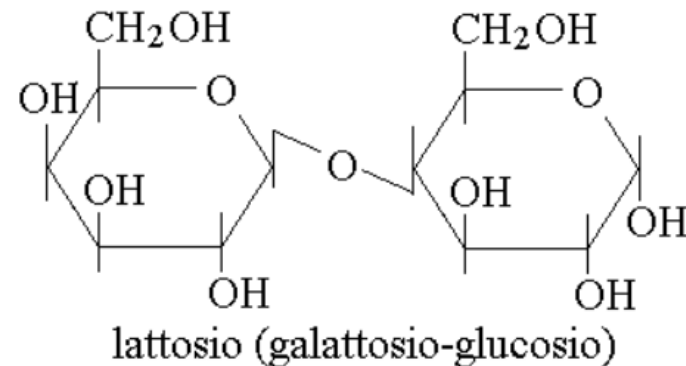


Il **saccarosio** è un importante disaccaride, si tratta infatti della forma in cui gli zuccheri sono trasportati nelle piante.

E' formato da due monosaccaridi (**glucosio** e **fruttosio**) che si uniscono grazie a una reazione di condensazione.

Il **lattosio** è un disaccaride che si trova soprattutto nel latte;

esso deriva dall'unione di una molecola di **glucosio** e una di **galattosio** (un isomero del glucosio).



POLISACCARIDI

I polisaccaridi sono i polimeri costituiti da monosaccaridi.

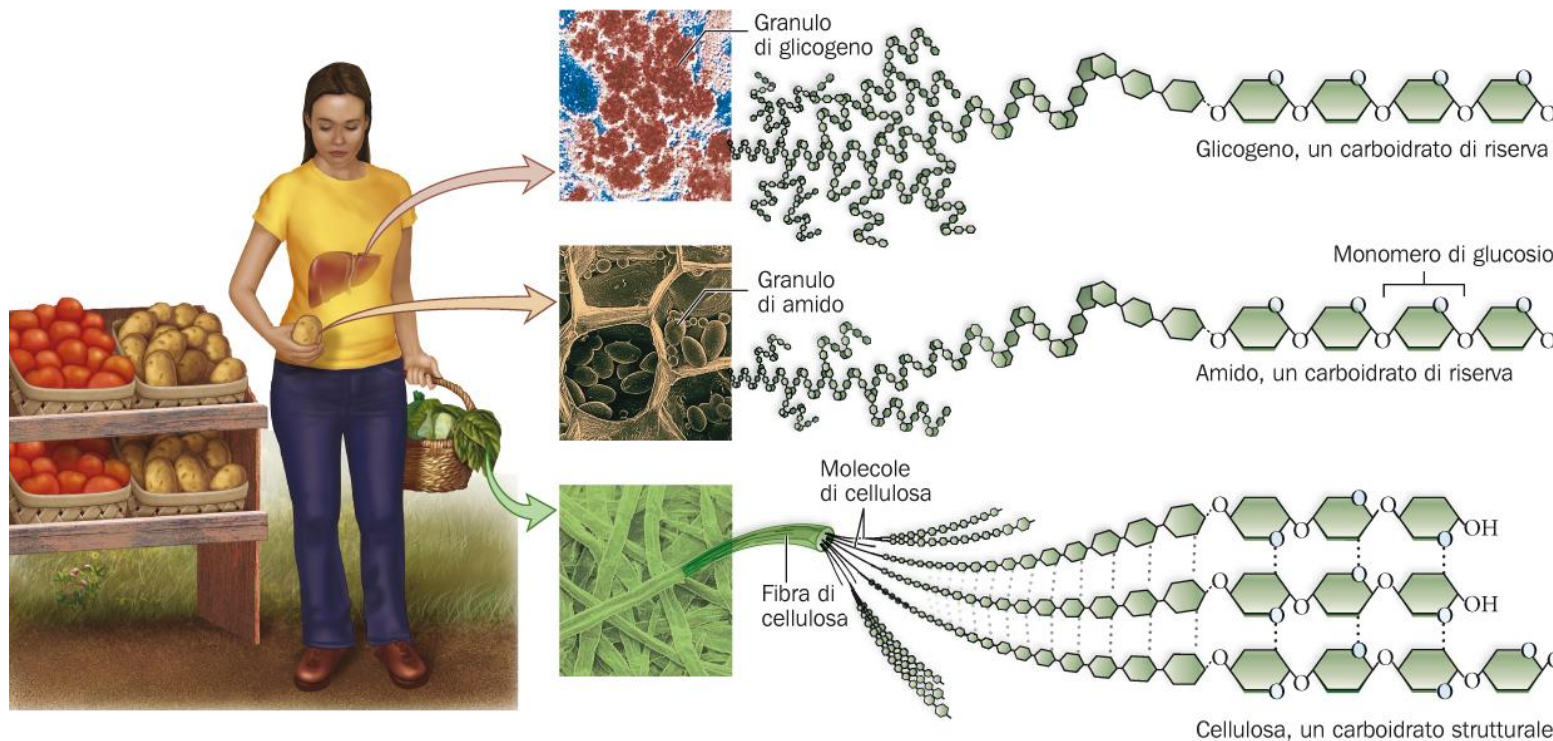
Sono **carboidrati complessi** con **funzioni strutturali** e di **riserva**.

Amido → forma in cui il glucosio viene immagazzinato nelle piante;

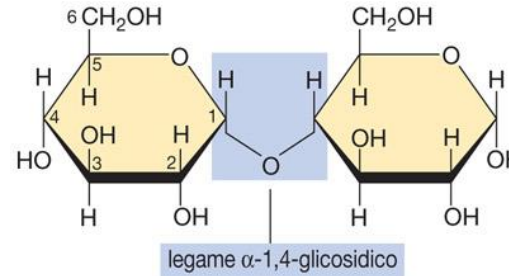
Glicogeno → forma in cui il glucosio viene immagazzinato negli animali e nei funghi.

Cellulosa → polisaccaride con funzione strutturale contenuto nelle piante;

Chitina → costituente di alcuni animali e funghi.

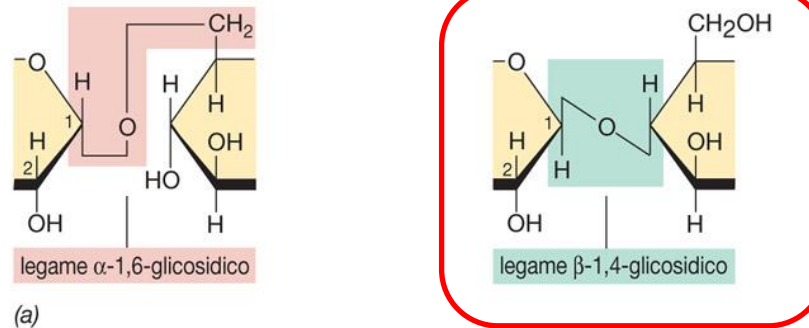


- Monosaccaridi
- Disaccaridi
- Trisaccaridi
- Oligosaccaridi
- Polisaccaridi

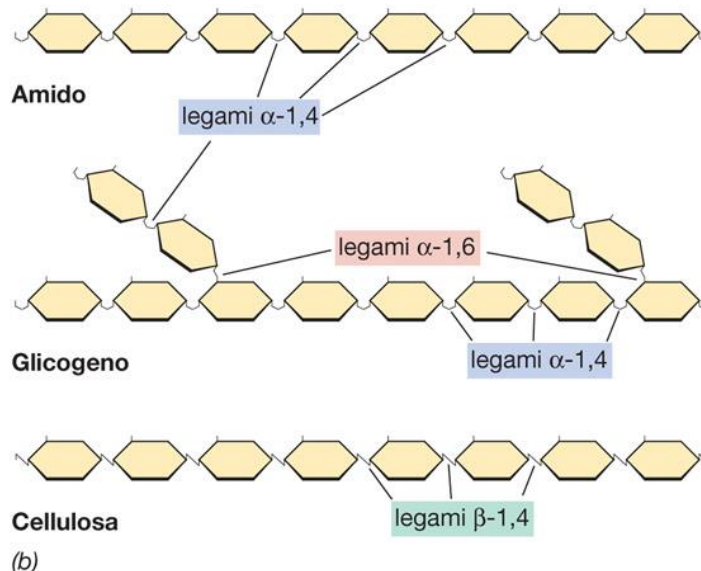


Diverse configurazioni
(α , β) dei legami glicosidici

I polisaccaridi derivano dall'aggregazione di numerosi monomeri (monosaccaridi), uguali o diversi, uniti mediante legami glicosidici



Struttura di alcuni polisaccaridi più comuni.



Nonostante le subunità siano costituite da glucosio, le loro proprietà sono diverse in funzione della configurazione dei legami glicosidici.

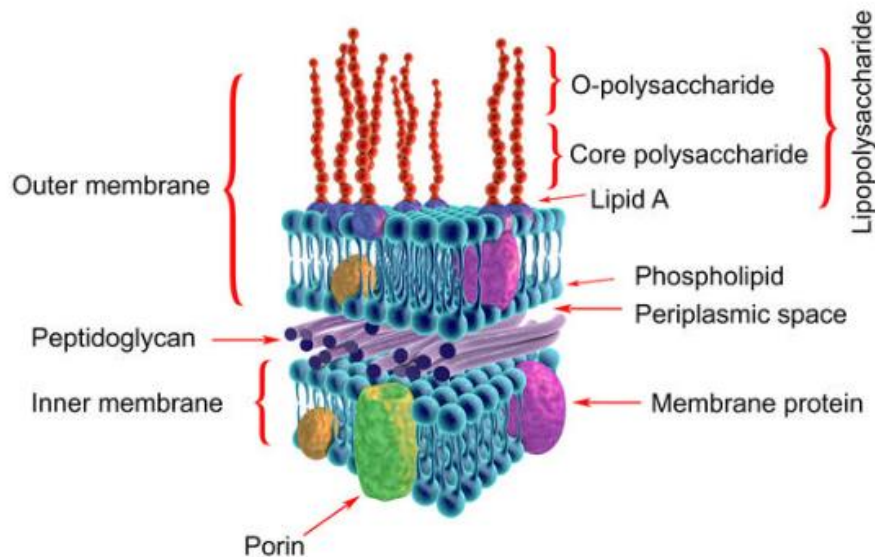
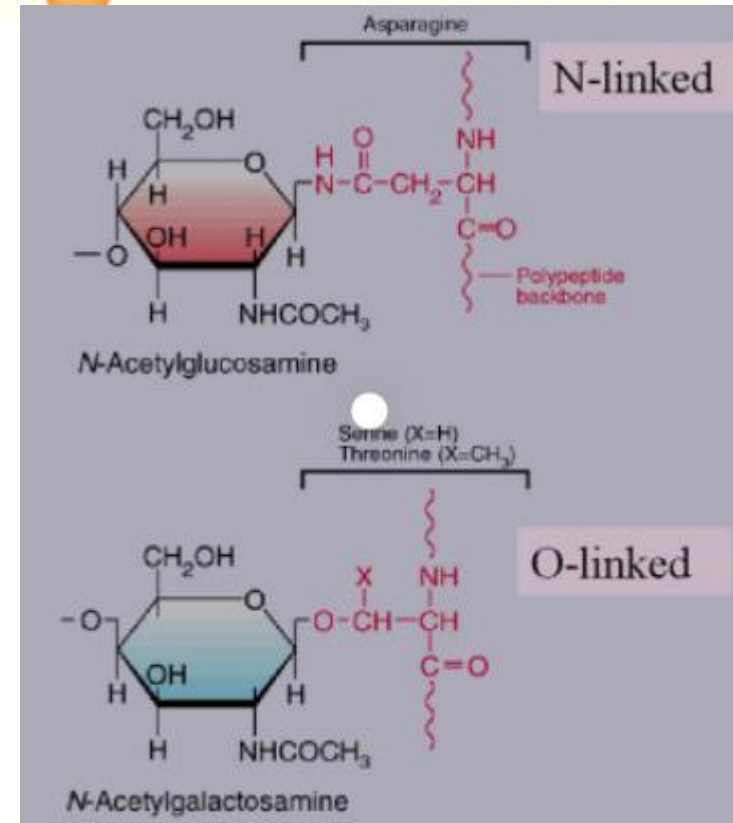
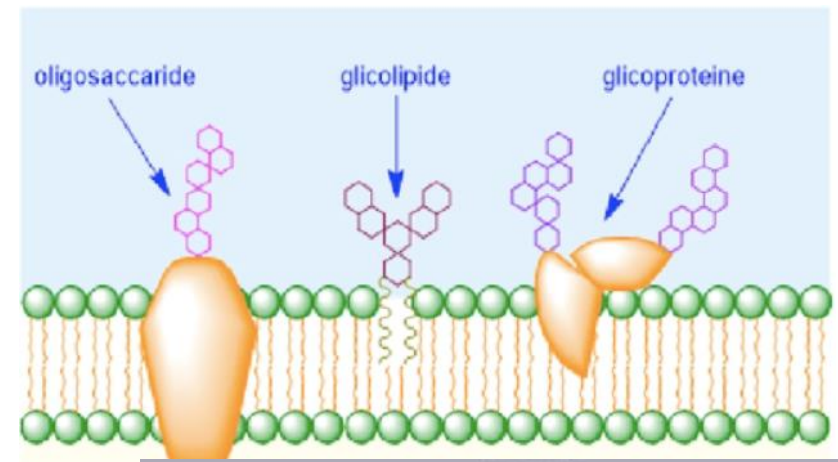
Polisaccaridi complessi

Polisaccaridi + proteine → glicoproteine

Polisaccaridi + lipidi → glicolipidi

glicoproteine → Recettori di superficie
delle membrane citoplasmatiche

glicolipidi → costituente della
membrana esterna e della parete
cellulare dei batteri **Gram negativi**

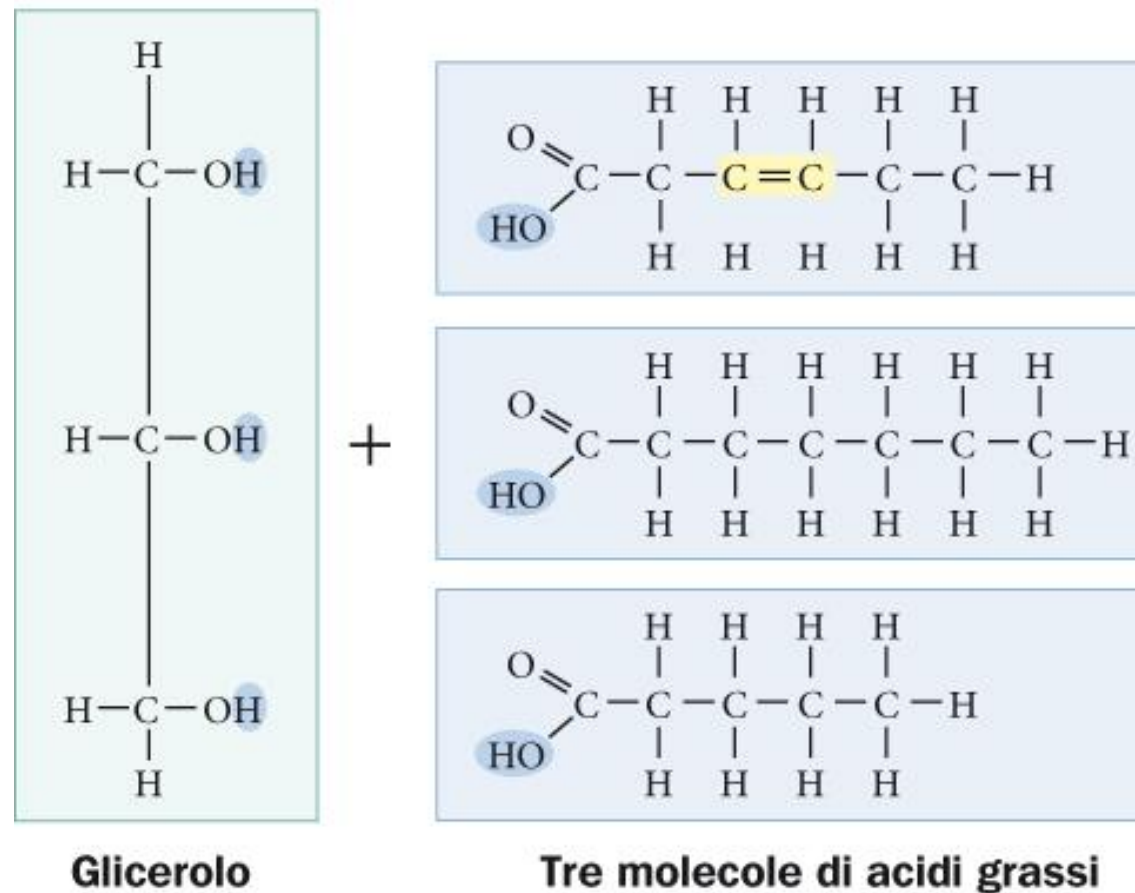


LIPIDI

Composti organici che lipidi forniscono energia e protezione

I composti organici classificati come lipidi sono molto diversificati.

La maggior parte dei lipidi è **insolubile in acqua** a causa delle catene di idrocarburi **non polari**.



LIPIDI

eccellenti molecole di riserva;
costituiti da **glicerolo+acidi grassi**.

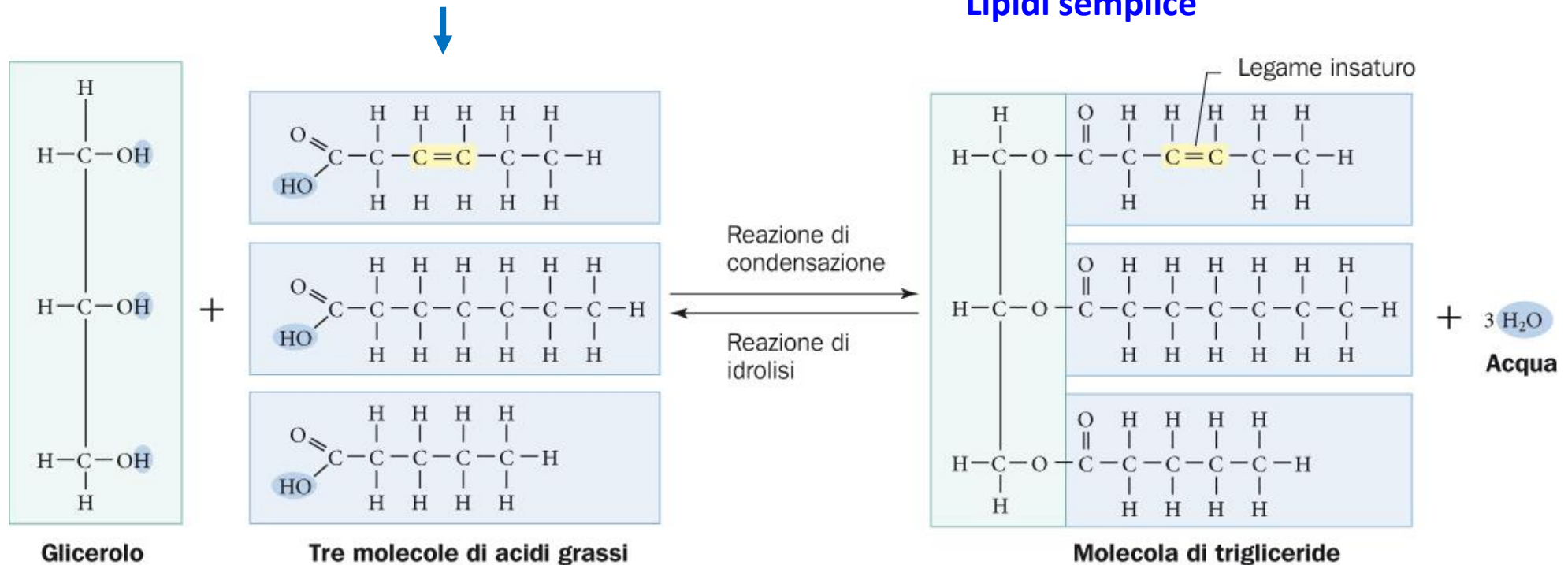
Monogliceridi

Digliceridi

Trigliceridi

Gli **acidi grassi** possono essere:

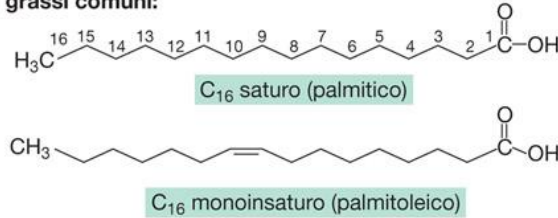
- **saturi** – non presentano doppi legami tra gli atomi di carbonio della catena idrocarburica;
- **insaturi** – hanno invece uno o più doppi legami tra gli atomi di carbonio della catena.



Lipidi → molecole anfipatiche

Gli **acidi grassi** sono i principali costituenti dei **lipidi** sia nei batteri che negli eucarioti.

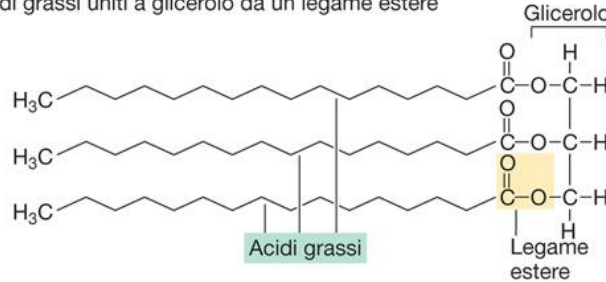
Acidi grassi comuni:



Lipidi semplici (grassi)
 Acido grasso + glicerolo

Lipidi semplici (trigliceridi):

Acidi grassi uniti a glicerolo da un legame estere



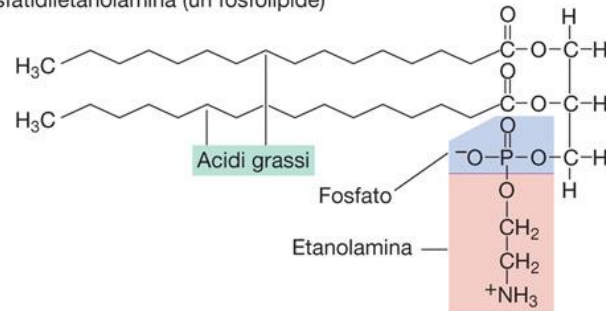
Lipidi complessi

Lipide semplice + elemento (P, ...)

- zuccheri
- etanolamina
- serina
- colina

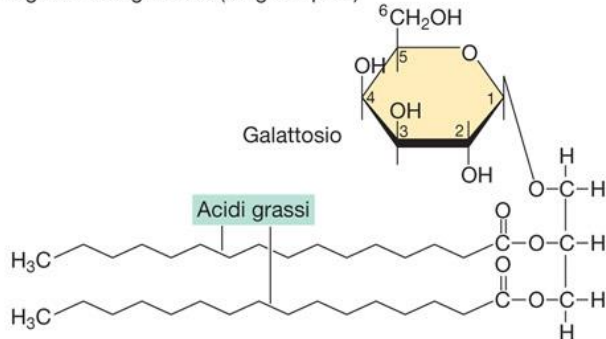
Lipide complesso:

Fosfatidiletanolamina (un fosfolipide)



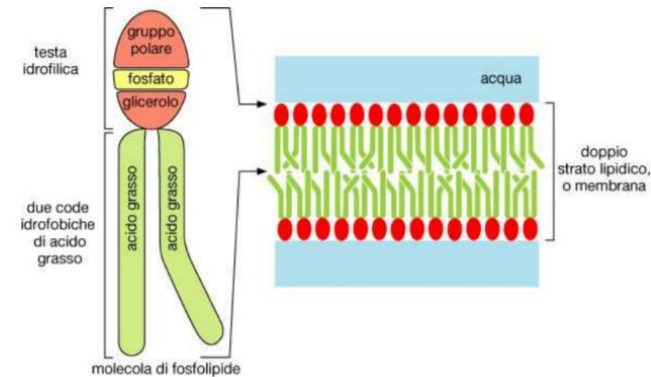
Lipide complesso:

Monogalattosildigliceride (un glicolipide)

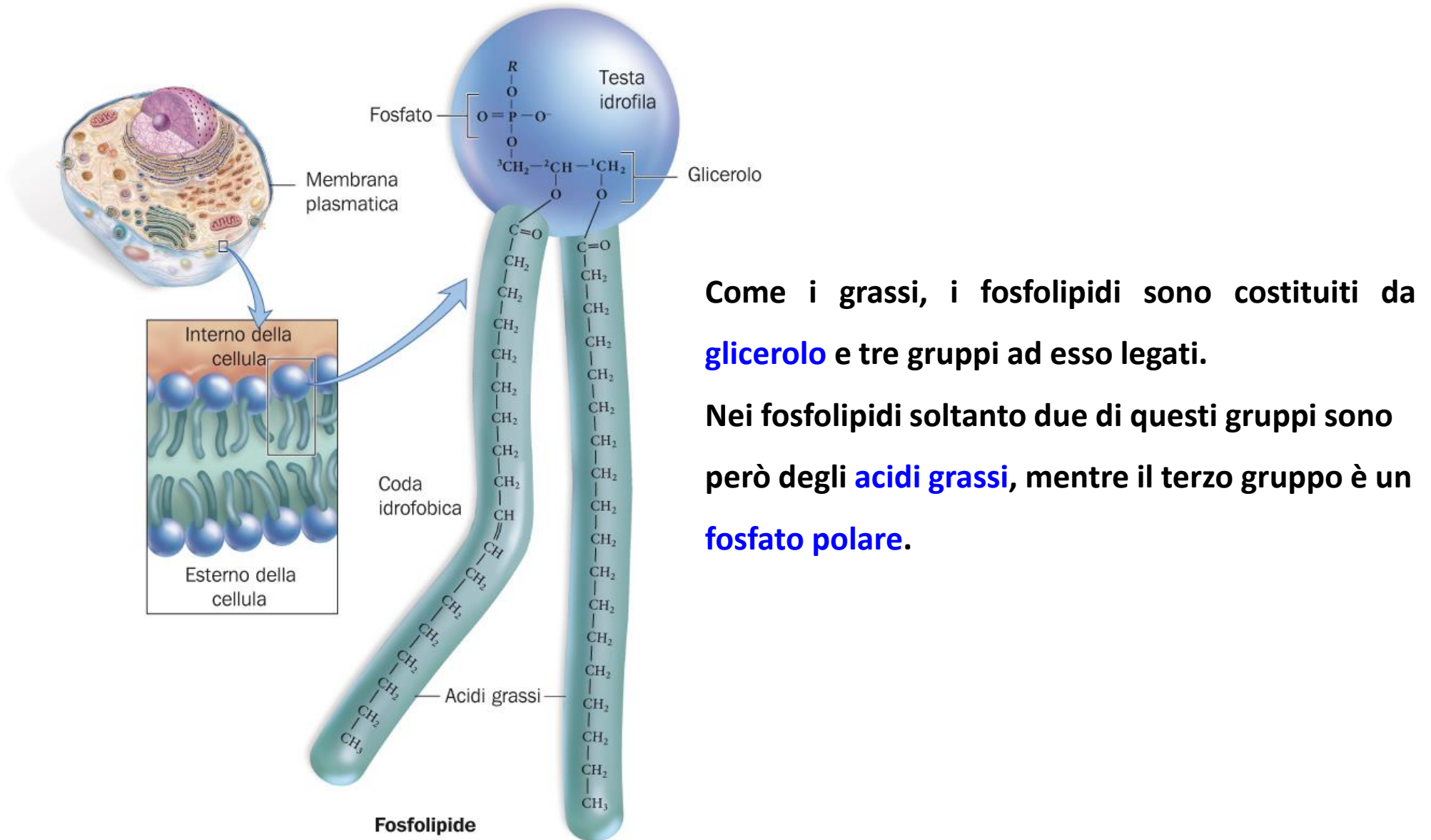


Fosfolipidi

Lipidi contenenti un gruppo fosfato



I fosfolipidi sono costituenti fondamentali della membrana plasmatica



STERIODI

Gli steroidi sono **composti organici biologicamente attivi** costituiti da 4 anelli (nucleo sterolico) disposti in una specifica configurazione molecolare.

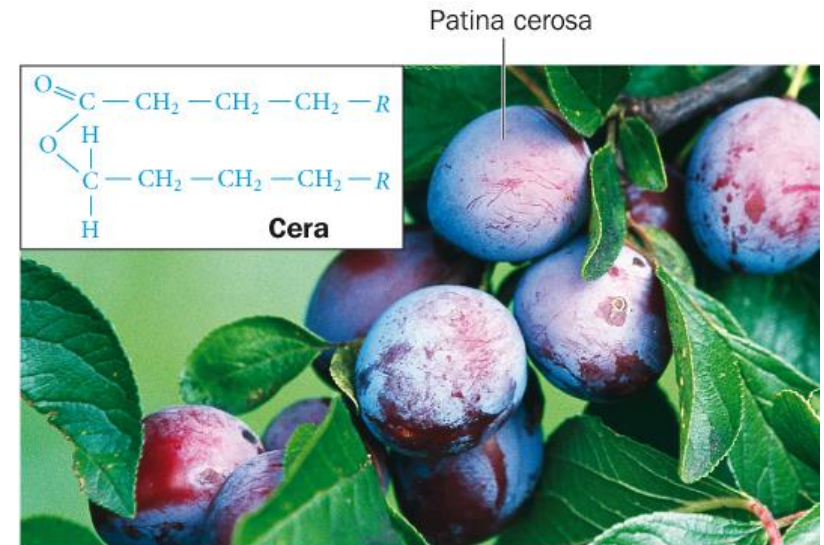
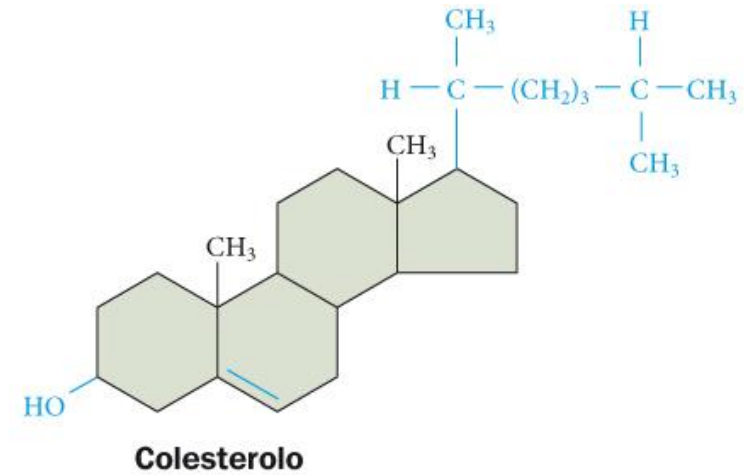
Gli steroidi hanno due principali funzioni biologiche:

- componenti importanti delle **membrane cellulari** che influiscono sulla fluidità della membrana;
- **molecole di segnale** (funzioni ormonali).

CERE

Le cere costituiscono un sottile strato idrofobico che ricopre le foglie delle piante e la frutta; forniscono, inoltre, un rivestimento superficiale per gli insetti o per la pelle degli animali.

Le cere formano uno strato protettivo che riduce la perdita di acqua e limita l'attacco dei parassiti; in molti animali, invece, servono a proteggere pelle e pelo.

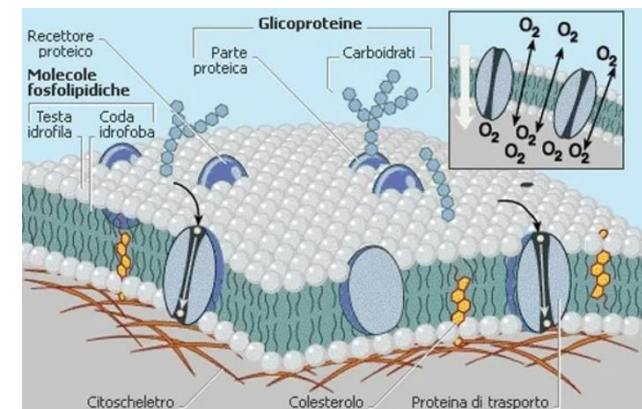
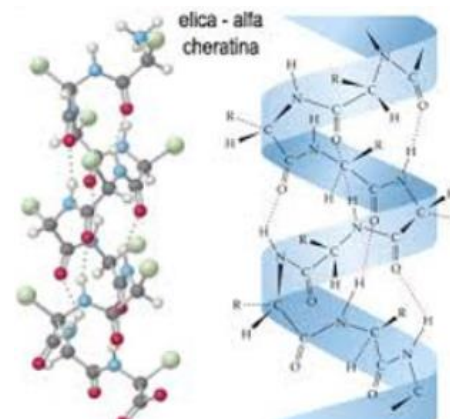
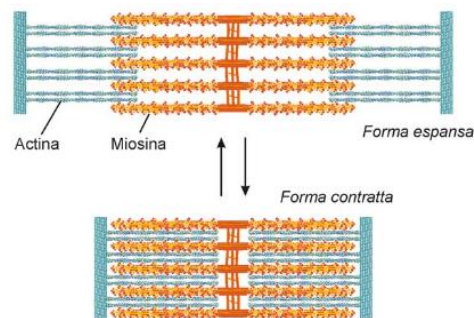
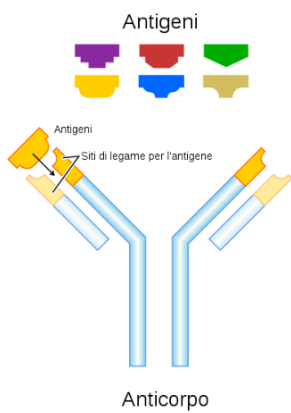
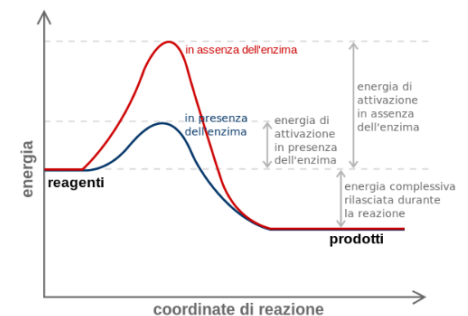


Nelle cere è presente un legame estereo che lega un **acido carbossilico a catena lunga** ad un **alcol a catena lunga**; lunghezza della catena, grado di insaturazione e presenza di ramificazioni caratterizzano la cera.

PROTEINE

Le proteine sono **molecole organiche** versatili, svolgono molte funzioni di grande importanza:

- **Sostegno** → cheratina (capelli, unghie, ...), *collagene* (legamenti, tendini, ...);
- **Metabolismo** → enzimi, sostanze che catalizzano (accelerano) le reazioni chimiche;
- **Trasporto** → proteine di trasporto della membrana plasmatica che consentono l'ingresso (nutrienti) o la fuoriuscita delle sostanze dalla cellula (scarti);
- **Difesa** → anticorpi che inattivano gli agenti patogeni (virus, batteri, funghi, parassiti) e prevengono le infezioni;
- **Regolazione (funzione segnale)** → alcuni ormoni (*insulina*, paratormone, tireotropina, ...) sono proteine di regolazione;
- **Movimento** → actina e miosina sono componenti dei tessuti muscolari.

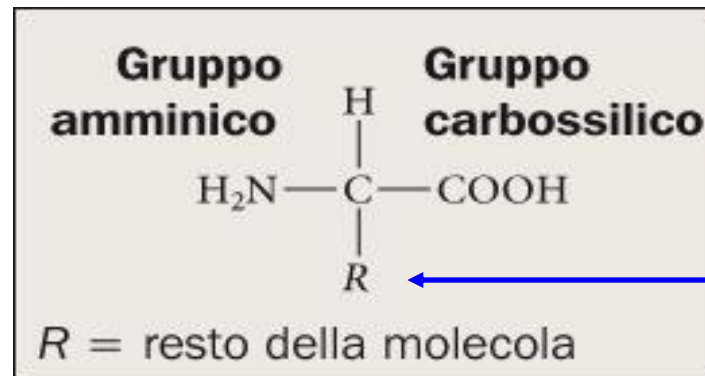


Proteina



polimero formato da una sequenza di AMMINOACIDI

Struttura amminoacido



- atomo di carbonio centrale;
- gruppo amminico (-NH₂);
- gruppo carbossilico (-COOH);
- gruppo *R*, variabile (specifico per ogni amminoacido).

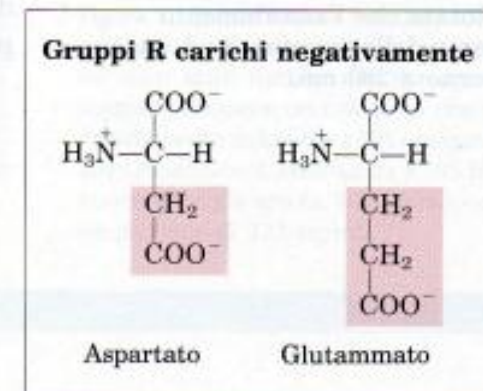
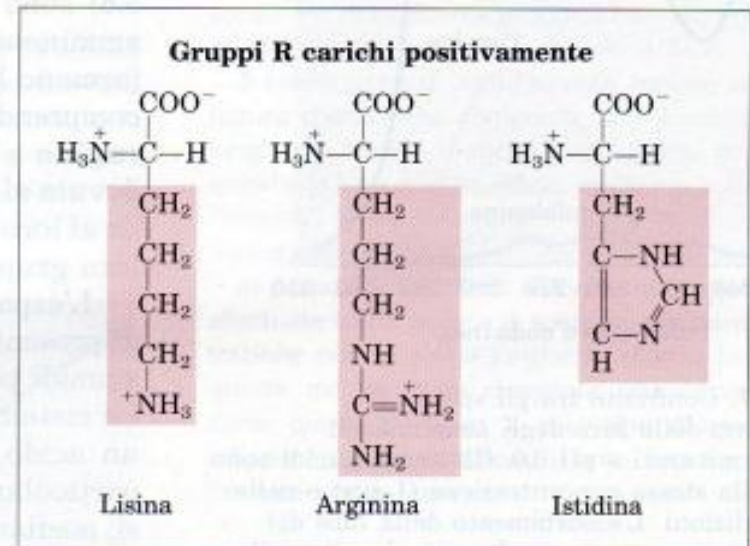
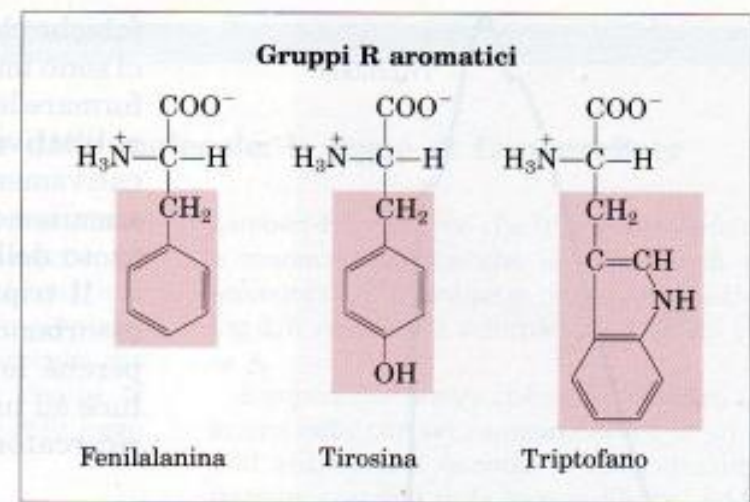
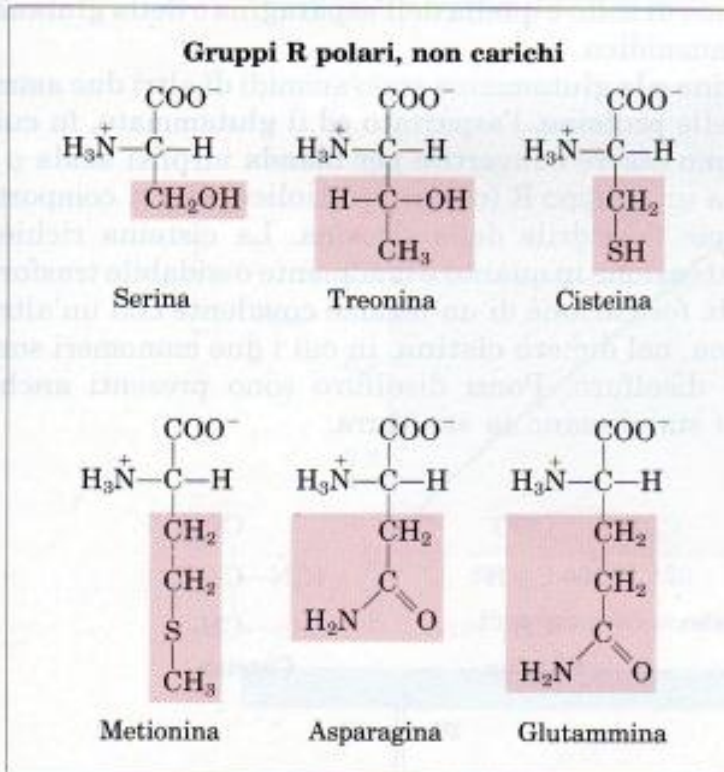
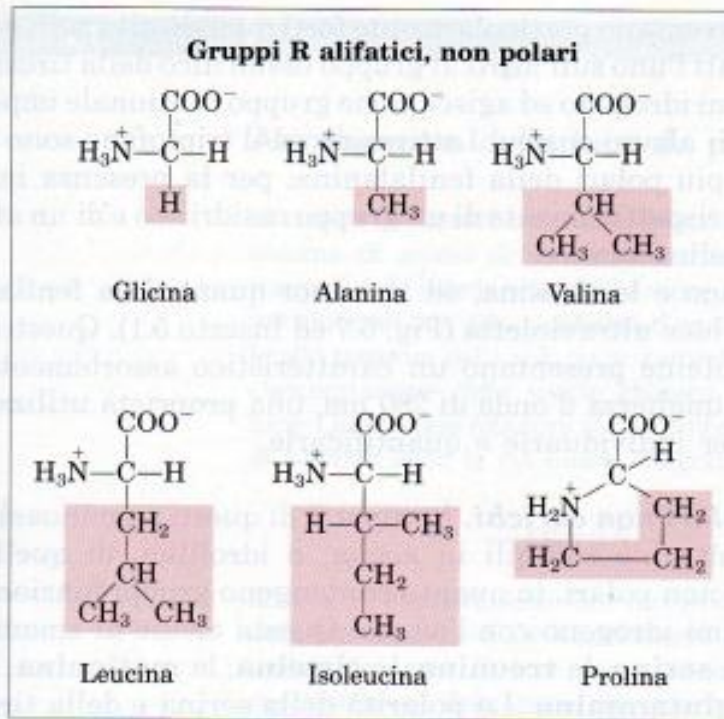
Il gruppo *R* differenzia tra loro
gli amminoacidi

Si conoscono **una ventina di amminoacidi diversi**, i quali combinandosi in modo diverso, danno origine ad un enorme numero di sequenze possibili.

Si conoscono una ventina di aminoacidi diversi.



Combinandosi in modo diverso, danno origine ad un enorme numero di sequenze possibili.

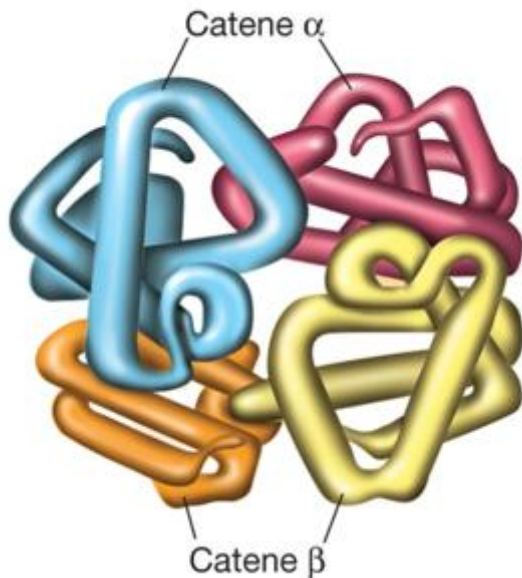


polipeptidi

Un polipeptide (polimero) è una catena costituita da molti amminoacidi tenuti uniti da **legami peptidici**.



R (catene laterali) rappresenta le parti variabili degli aa



Una proteina può contenere una o più catene polipeptidiche.

Le **proteine** sono polimeri di aminoacidi (10-10.000)

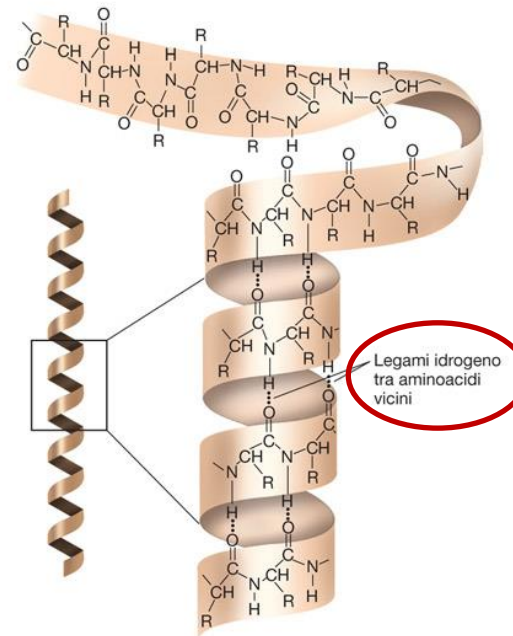
- Dipeptide
- Tripeptide
- ...
- Polipeptide

Una proteina può essere costituita da una o più catene polipeptidiche.

La successione lineare degli aa definisce la **struttura primaria** di una proteina e condiziona il tipo di ripiegamento nello spazio della catena.

La **struttura secondaria** è conseguente alle **interazioni tra i gruppi R degli aa della stessa catena** che inducono la molecola proteica a ripiegarsi nello spazio in maniera specifica.

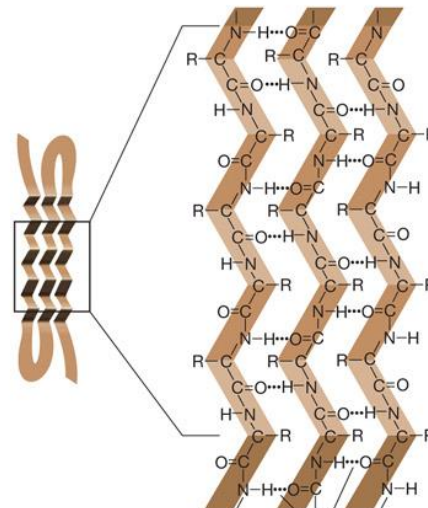
- Funzioni strutturali
- Funzioni enzimatiche



(a)

Struttura secondaria ad **α -elica**.

Maggiore flessibilità.

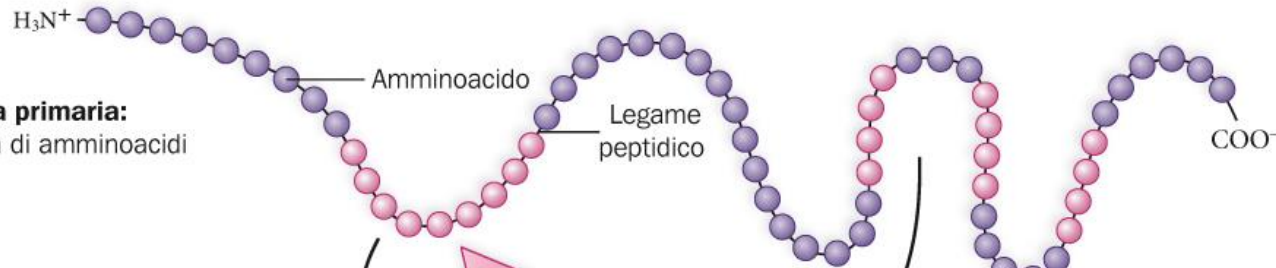


(b)

Struttura secondaria a **foglietto β (β -sheet)**.

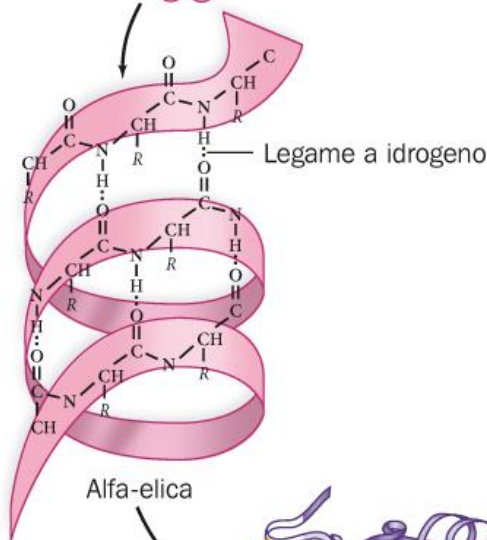
Maggiore rigidità

L'attività biologica di una proteina è legata alla sua struttura (sequenza amminoacidi, forma)

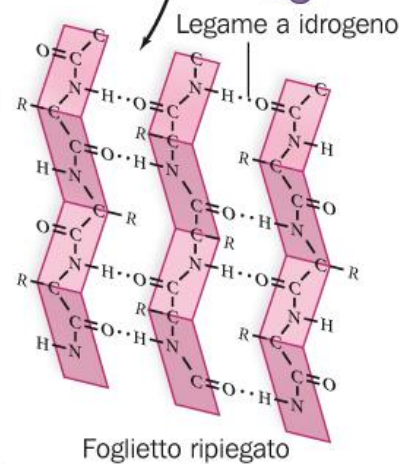


Struttura secondaria
ad α -elica.

Maggiore flessibilità.



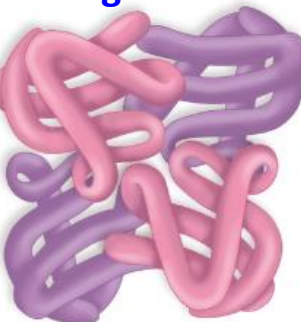
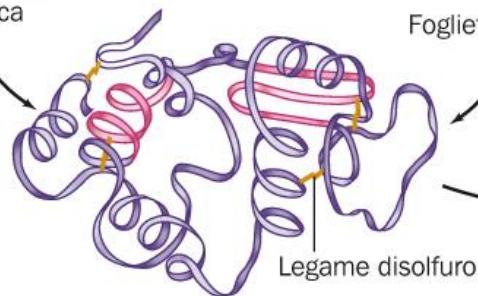
Struttura secondaria:
alfa-elica e foglietto ripiegato



Struttura secondaria a foglietto β (β -sheet).

Maggiore rigidità

Struttura terziaria:
forma globulare



Struttura quaternaria:
più di un polipeptide

Dopo aver assunto la conformazione secondaria la proteina continua a ripiegarsi, fino a raggiungere una conformazione tridimensionale più stabile (**struttura terziaria**).

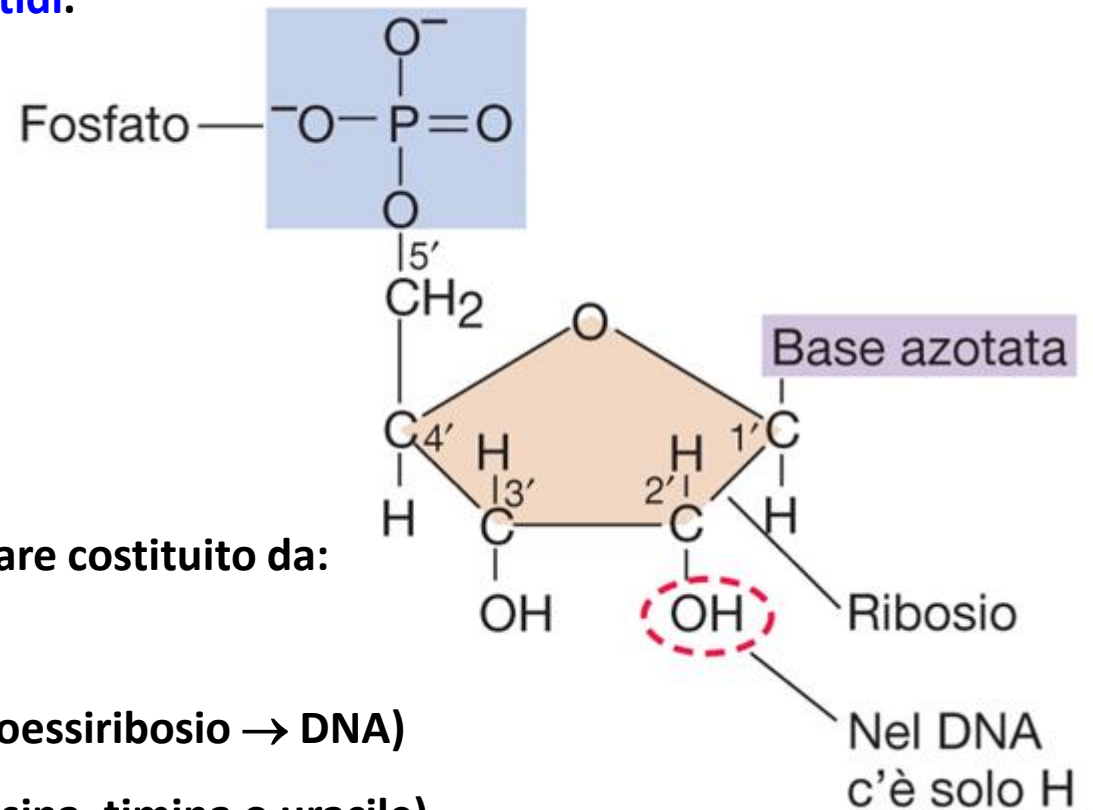
La **struttura quaternaria** definisce la conformazione di una proteina costituita da **più catene polipeptidiche**.

ACIDI NUCLEICI

Gli acidi nucleici (**DNA** e **RNA**) portano informazioni sotto forma di codici.

Il DNA è il depositario dell'informazione della cellula.

Un acido nucleico è un polimero di **nucleotidi**.



Un **nucleotide** è un complesso molecolare costituito da:

- **Gruppo fosfato**;
- **Zucchero pentoso** (ribosio → RNA, doessiribosio → DNA)
- **Base azotata** (guanina, adenina, citosina, timina o uracile).

Il DNA (acido desossiribonucleico)

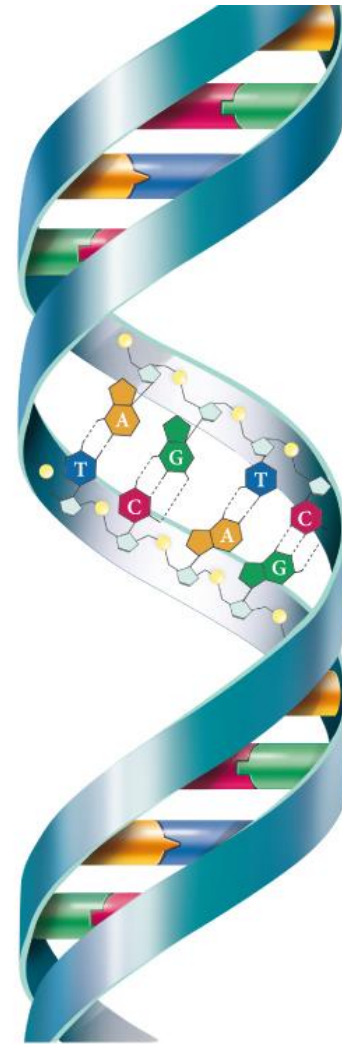
Negli Eukaria, il DNA è confinato all'interno del **nucleo** e rappresenta il depositario dell'**informazione genetica**.

Il DNA è costituito da un **doppio filamento**

Il DNA assume una struttura a **doppia elica**.

Lo zucchero pentoso del DNA è il **desossiribosio**.

Le basi azotate presenti nel DNA sono adenina, guanina, citosina e timina.



DNA: la doppia elica

RNA (acido ribonucleico)

L'RNA trasferisce le informazioni codificate nei geni dal DNA ai ribosomi. L'RNA porta le istruzioni ai ribosomi per la sintesi proteica.

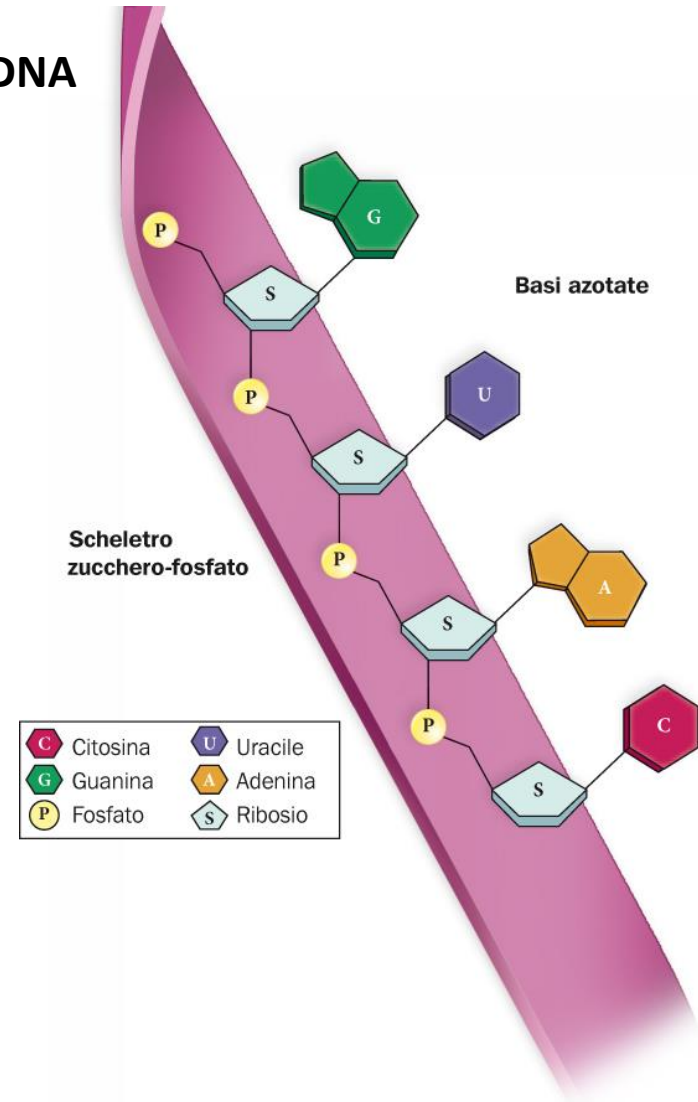


Definisce l'ordine con cui devono essere assemblati gli amminoacidi di una catena polipeptidica.

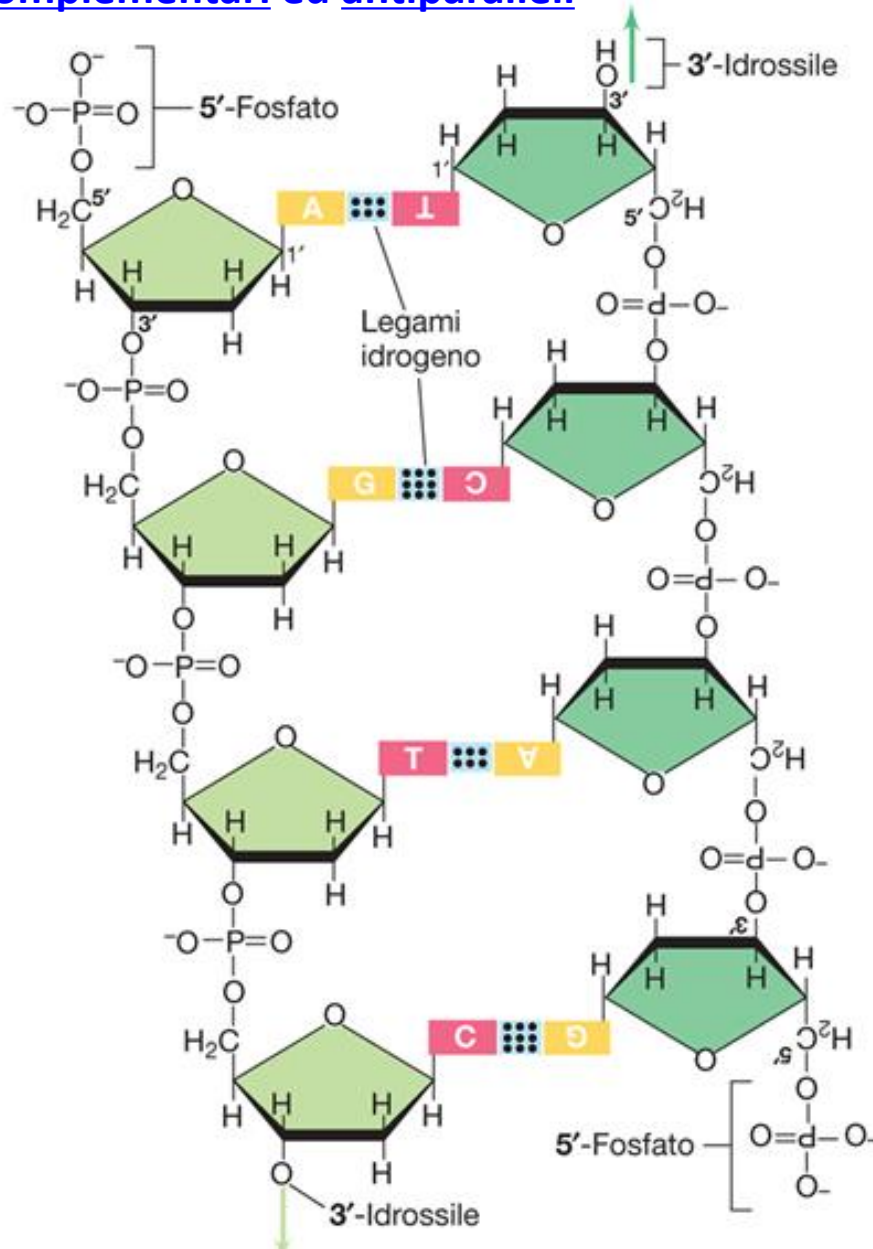
I nucleotidi dell'RNA sono allineati lungo un unico filamento.

Lo zucchero pentoso dell'RNA è il **ribosio**.

Le basi azotate presenti nell'RNA sono **guanina**, **adenina**, **citocina** e **uracile**.



I filamenti polinucleotidici, in una doppia elica di DNA, sono complementari ed antiparalleli

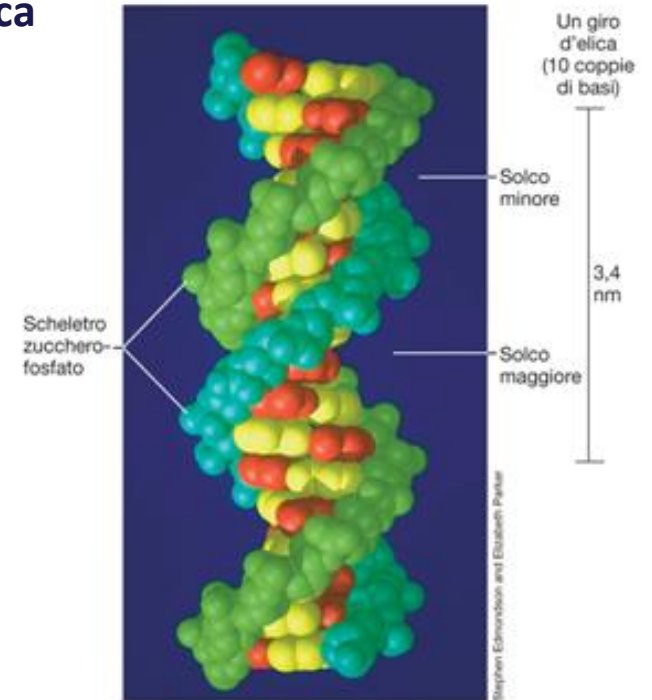


Struttura primaria → sequenza dei nucleotidi

Informazione genetica? → sequenza delle basi azotate

Il DNA, costituito da due catene elicoidali avvolte intorno allo stesso asse, assume una struttura a **doppia elica destrorsa**.

I filamenti sono avvolti uno intorno all'altro in modo da formare una **doppia elica**



Le dimensioni del DNA si esprimono in numero di migliaia di basi (o paia di basi): kb (o kbp).

E. coli → circa 4640 paia di basi (Kbp)

L'informazione genetica degli organismi

viventi è organizzata in **geni (unità funzionali)**.

Il **gene** è un segmento di DNA codificante una proteina, un tRNA o un rRNA

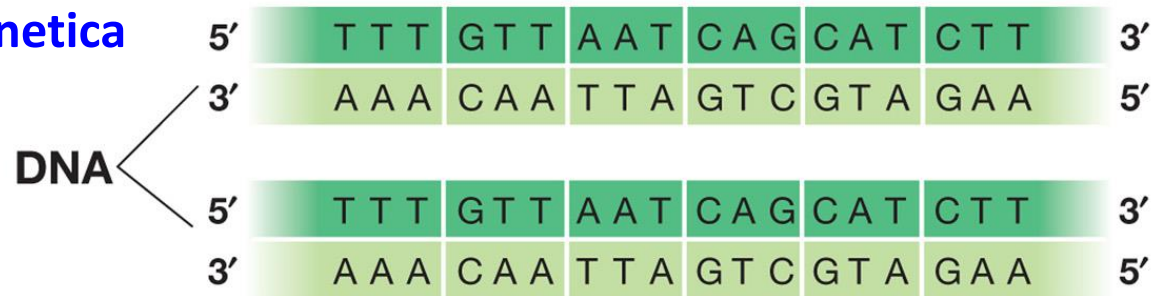
Dogma centrale della biologia molecolare:

Trasferimento dell'informazione genetica

DNA → RNA → Proteine

Alcuni virus (RNA) non rispettano questa sequenza!

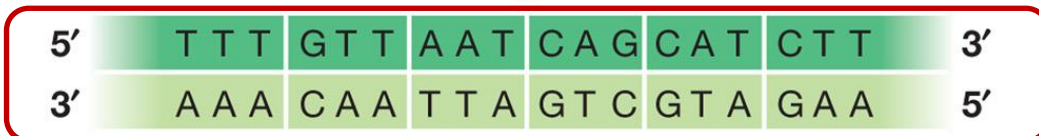
Flusso dell'informazione genetica



Il DNA si duplica producendo due doppie eliche

REPLICAZIONE

DNA



Il DNA trasferisce l'informazione all'mRNA

TRASCRIZIONE
DELL'ELICA INFERIORE

RNA



codone

Trasformazione della sequenza di basi in sequenza di aminoacidi

TRADUZIONE

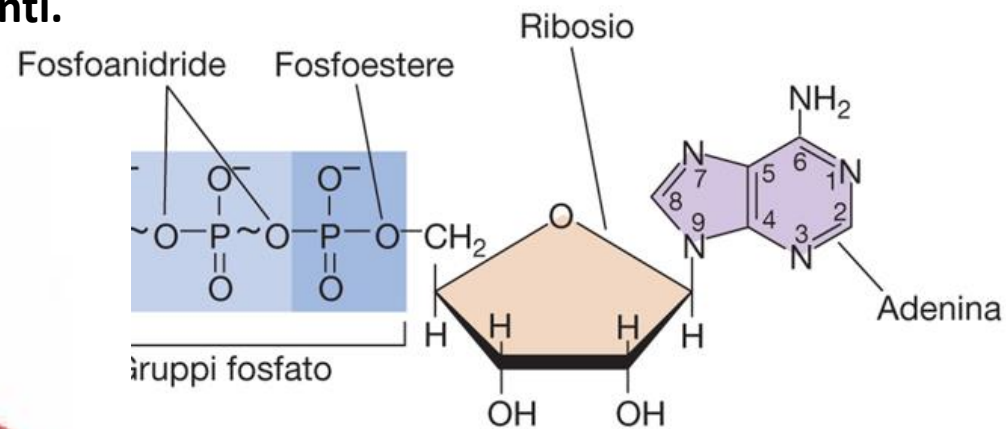
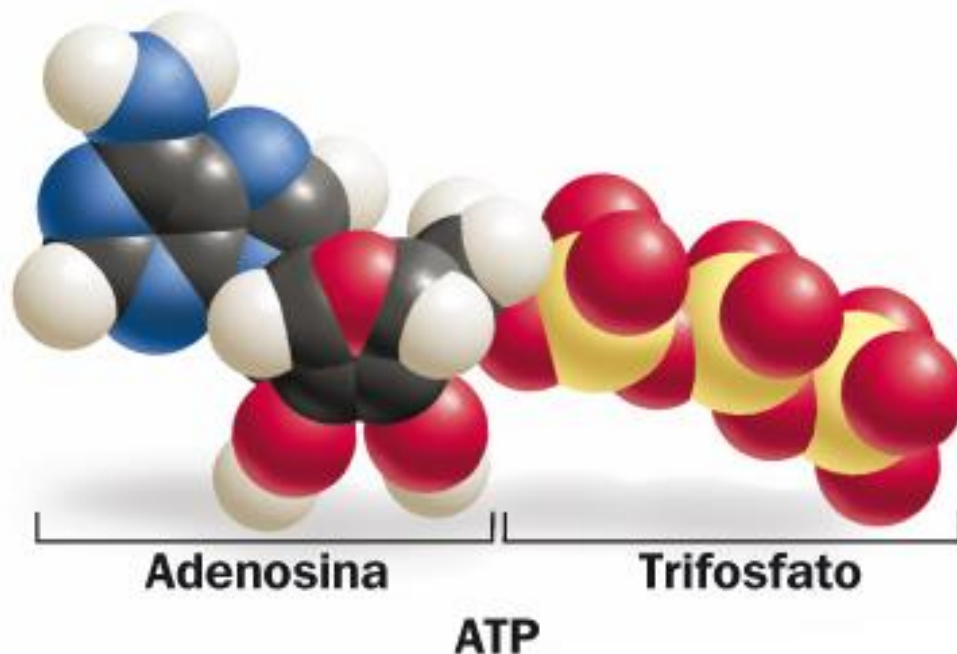


ATP → trasportatore di energia delle cellule

L'ATP, oltre ad essere un costituente degli acidi nucleici, è una importante fonte di **energia chimica** per le funzioni cellulari

L'ATP (**adenosin-trifosfato**) è un nucleotide composto da

- base azotata (**adenina**);
- zucchero pentoso (**ribosio**);
- **3 gruppi fosfato** legati tra loro da legami covalenti.



L'energia derivante dall'idrolisi del **legame fosfoanidride** è maggiore di quella di un legame fosfoestere.

L'ATP è una molecola ad alta energia.

La rottura dei legami fosfoanidride dei due gruppi fosfato più esterni da parte di un enzima (idrolisi) libera molta energia.

